

Power-to-Gas Entwicklungsstand und Marktbedingungen



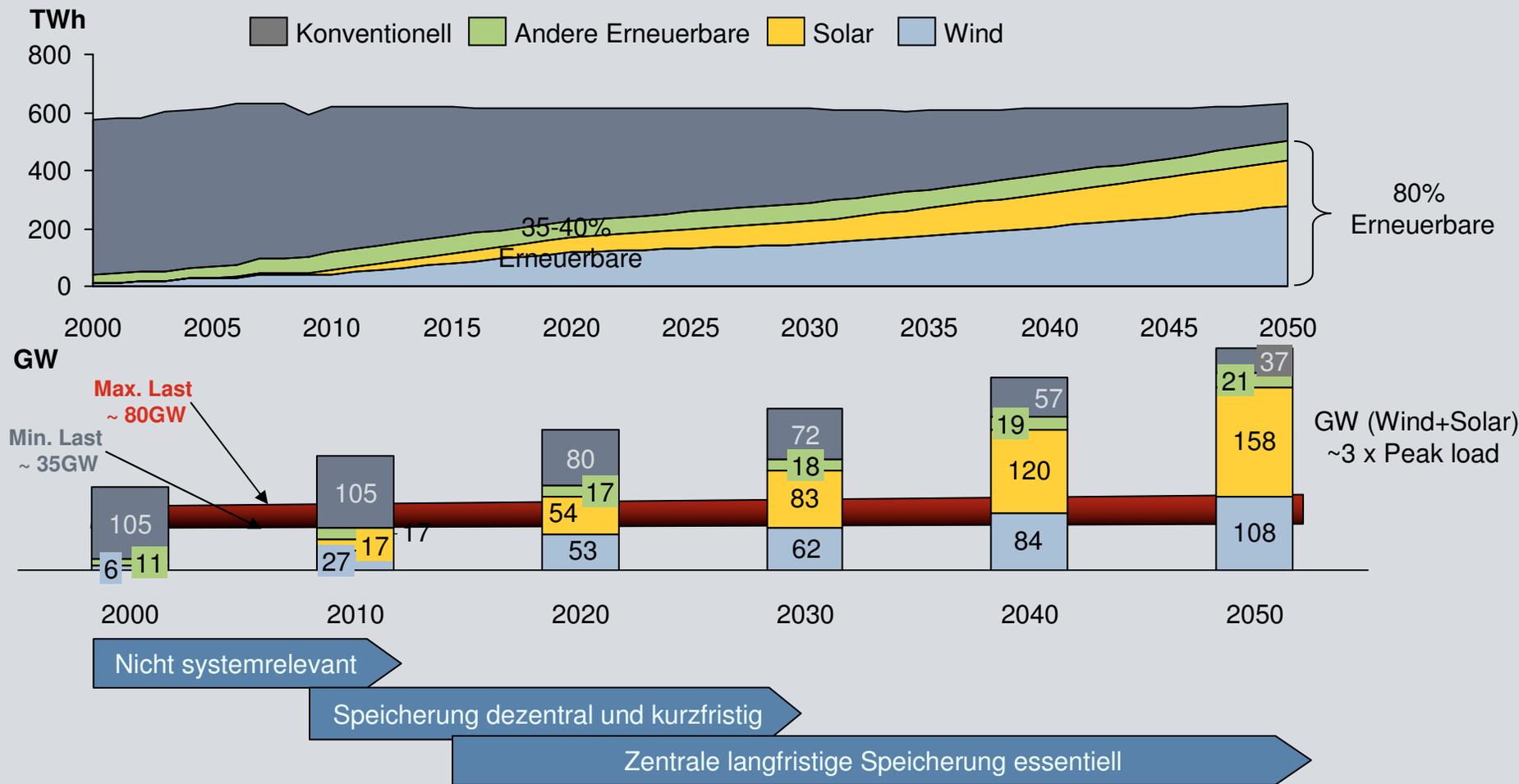
**Torsten Seemann
Siemens AG, Hamburg**

Mit einem Paradigmenwechsel zu einem nachhaltigen Energiesystem



Für einen hohen Anteil fluktuierender Energieerzeugung sind großskalige Langzeitspeicher notwendig

Beitrag der erneuerbaren Energien an der Stromversorgung in Deutschland



Source: E ST MC SR 2012 until 2030, Extrapolation to achieve 80% RE by 2050

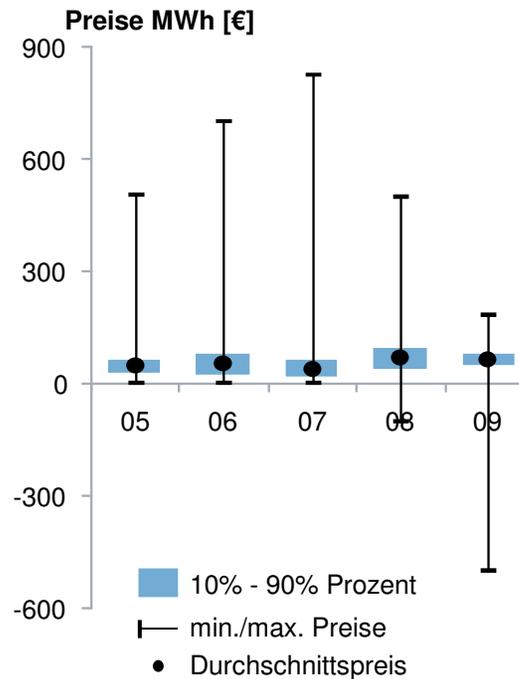
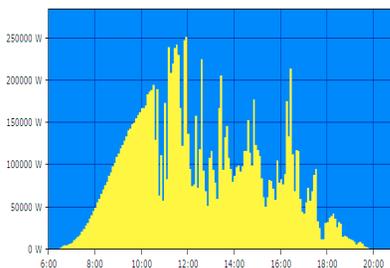
Treibende Faktoren für die Energiespeicherung: Langsamer Netzausbau und keine abrufbare Verfügbarkeit Erneuerbarer Energien

Treibende Faktoren



Erneuerbare Energien

- Schneller Ausbau
- Unberechenbarer Charakter



Netzausbau

Weitere Anforderungen:

- Nachhaltigkeit
- Abrufbare Verfügbarkeit
- Höchstmögliche CO₂-Reduktion

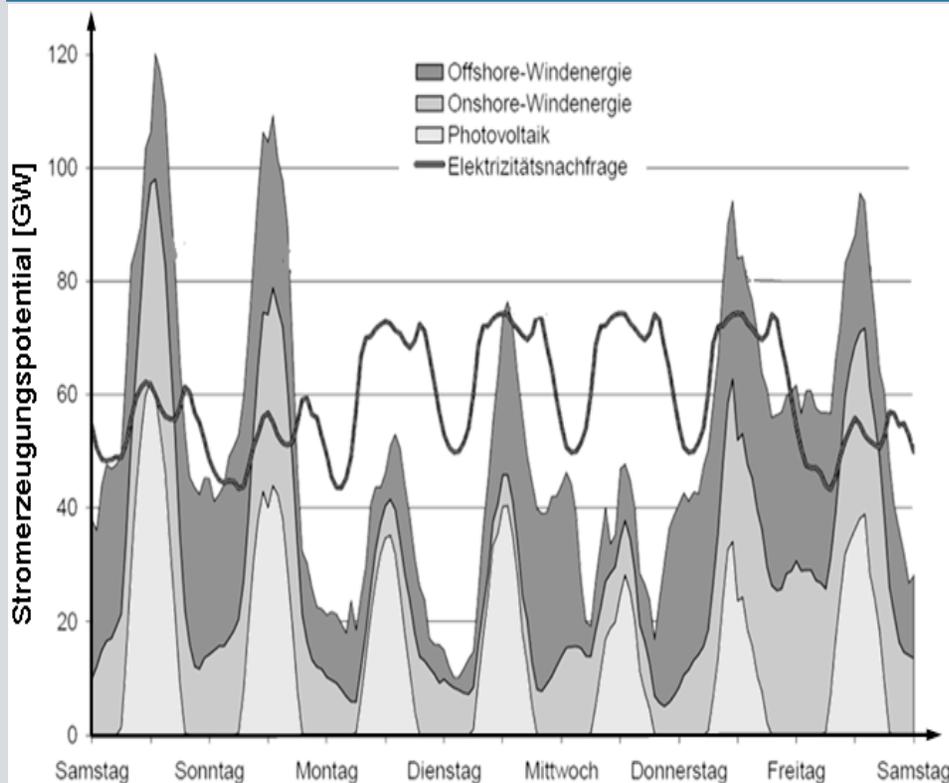


Energiespeicherung ist der Schlüssel für eine CO₂-optimiertes Szenario

Die veränderte Energielandschaft stellt die Energiewirtschaft vor Herausforderungen

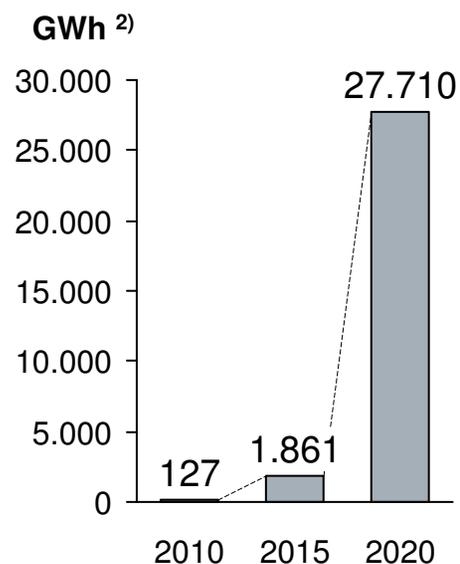


Erzeugungs- und Lastkurven



Source: TU Berlin, Prof. Erdmann, extrapolated for the year 2020

Erzeugungsabregelung



- 1) EnBW (Münch) at BMU Strategy Meeting, 05.09.12
- 2) total demand Germany 2011: 615.000 GWh

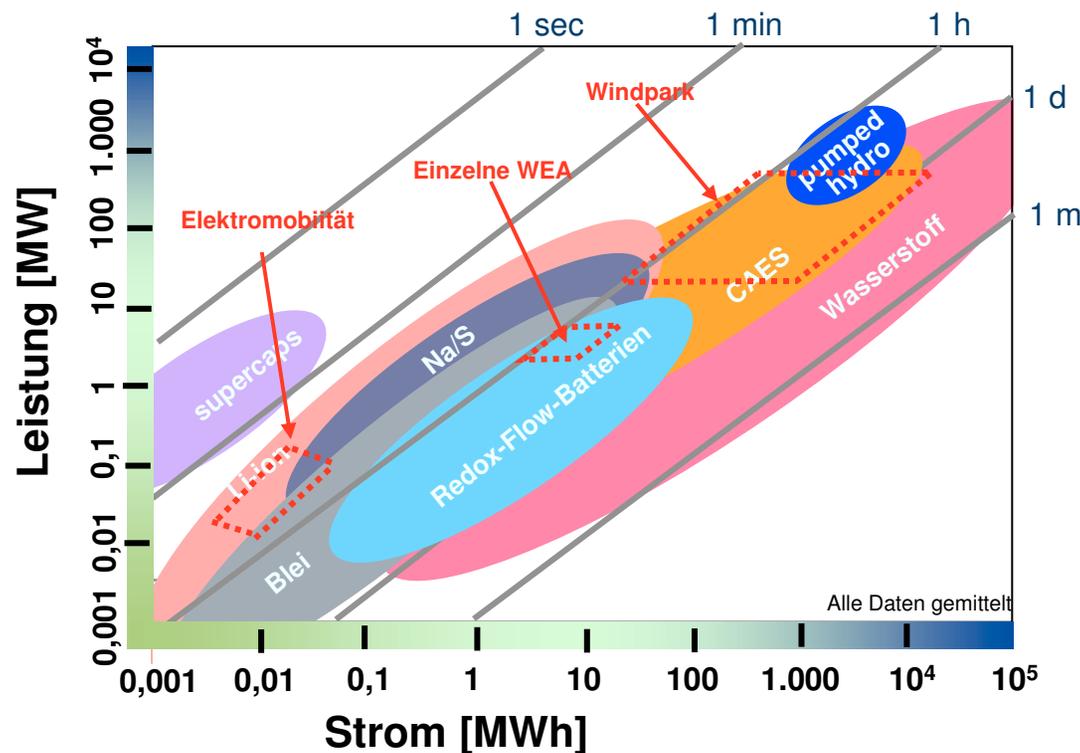
Ein zukünftiges CO₂-optimiertes Energieszenario erfordert smarte Lösungen

31. Januar 2012

- „Der Bedarf an kurzfristiger Stromspeicherung dürfte sich bis **2025 zumindest verdoppeln** und danach weiter wachsen.“
- „Spätestens 2040 ist eine regelmäßige Speicherung von **40 TWh** notwendig, um die sich abzeichnenden Überschüsse aufzufangen. Überdies muss Elektrizität dann über mehrere **Wochen und Monate gespeichert werden.**“
- „Allein in den kommenden zwei Dekaden summiert sich der Investitionsbedarf für neue Energiespeicher in Deutschland auf rund **EUR 30 Mrd.**“
- „Wasserstoff- und Methanspeicher sind weiterzuentwickeln, damit die Energiewende **bezahlbar bleibt** und **sicher bewerkstelligt** werden kann.“
- „Für Speicherbetreiber kann der Dienstleistungsanteil schon heute ein Drittel bis hin zur Hälfte (teilweise sogar bis zu zwei Drittel) des Geschäftsvolumens erreichen.“
- „Erneuerbare brauchen mehr Regelleistung“ ... „steigt der Bedarf an Regelleistung gegenüber 2010 um 50% bis 2025 und um 70% bis 2040“

Großskalige Energiespeicherung Optionen zum „Netzspeicher“ sind begrenzt

Segmentierung von großskaliger elektrischer Energiespeichern

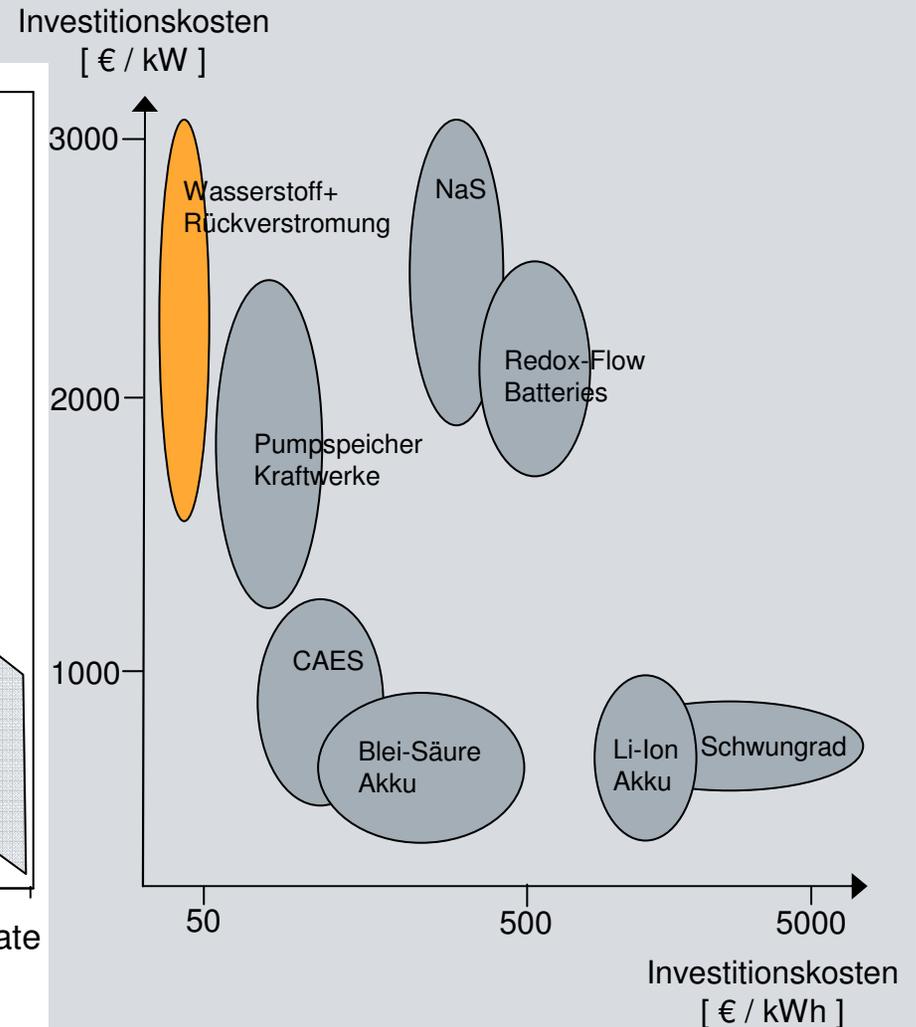
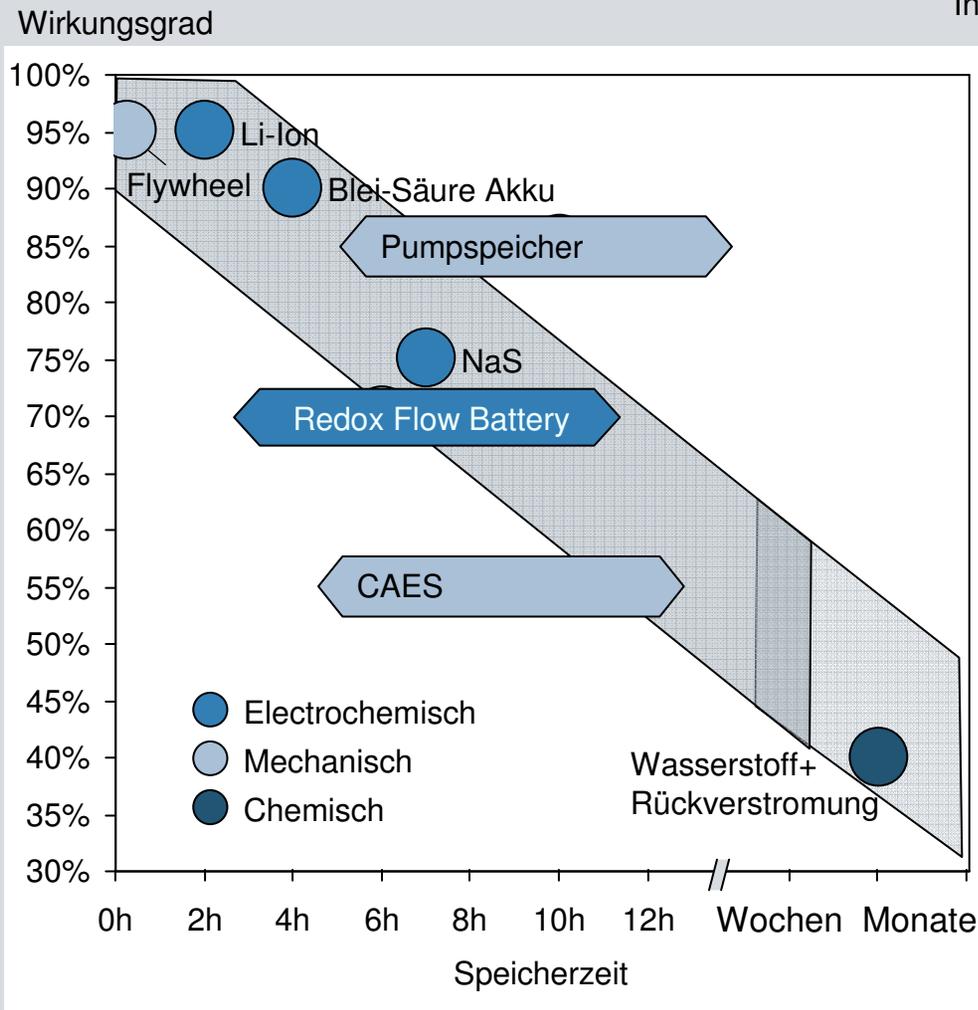


Kernbotschaften:

- Batteriespeicher-Applikationen sind auf den Stundenbereich begrenzt
- Stromspeicher >100 MW(h) können nur durch Pumpspeicher, komprimierte Luft (CAES) oder Wasserstoff realisiert werden
- Das Potential Pumpspeicher auszubauen ist sehr begrenzt
- CAES ist eingeschränkt in Bezug auf betriebliche Flexibilität und Kapazität

→ Wasserstoff ist die einzige Option, um Stromspeicher > 10 GWh zu realisieren

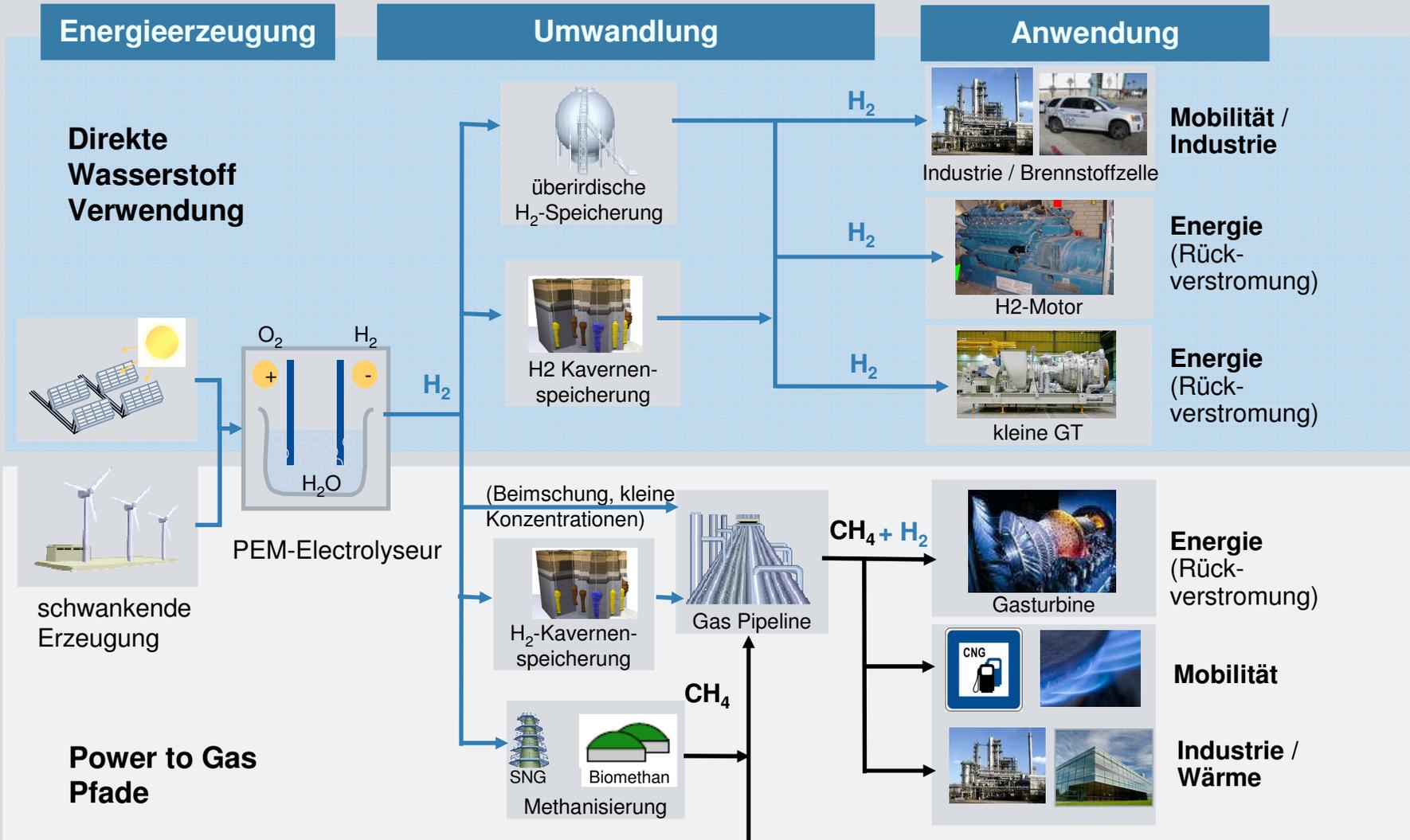
Der Wirkungsgrad ist nur ein Kriterium, um Speichertechnologien zu vergleichen



Quellen: EPRI, Dec 2010, Prognos 2011, ESA, BCG, Sandia

Big Picture Wasserstoff:

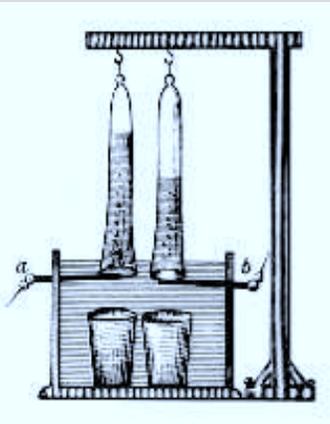
Umwandlung von elektrischen Strom in chemische Energie



→ PEM Elektrolyseur – zukünftige Schlüsseltechnologie zur Speicherung der EE

Wasserstoffproduktion durch Elektrolyse

Fallentscheidungen



Johann Wilhelm Ritter,
1800

heute

Anwendungsgebiete

- Erzeugung von H_2 / O_2 mit sehr hoher Reinheit (≥ 5.0)
- Anwendung in entlegenen Regionen (bei denen H_2 -Antransport unwirtschaftlich ist)
- Produktion in Regionen in mit geringen Elektrizitätskosten

technische Anforderungen

- Hohe Effizienz
- Kontinuierlicher Betrieb

morgen

- **Wasserstoff Mobilität**
- **Stromspeicherung**

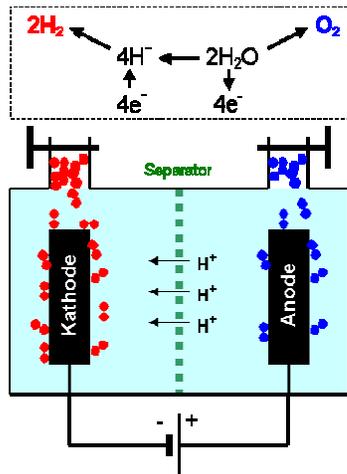
- **Grüne Erzeugung**
- **Hohe Dynamik**
- **On/Off-Betrieb**
- **Hochdruckbetrieb**

→ Das Prinzip der Wasserstoffelektrolyse und das Potential von Wasserstoff ist seit mehr als 200 Jahren bekannt. Stand der Technik sind Systeme mit alkalischer Elektrolyse für den Dauerbetrieb

Wasserelektrolyse

Prinzip und Grundlage

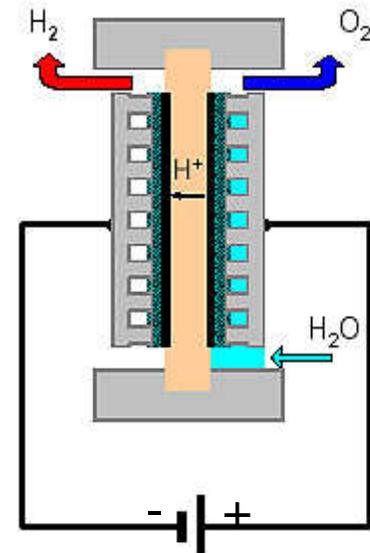
Alkalische Technologie



Hauptmerkmale:

- Gleichspannung teilt Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff
- Produktionsrate ist direkt proportional zum Strom
- 9 Liter Wasser liefern 1kg Wasserstoff
- näherungsweise 50 kWh Strom erzeugen 1 kg Wasserstoff
- 1 kg Wasserstoff enthält 33,3 kWh an chemischer Energie

PEM* Technologie:



* Polymer Elektrolyt Membran
Proton Exchange Membran

Eigenschaften:

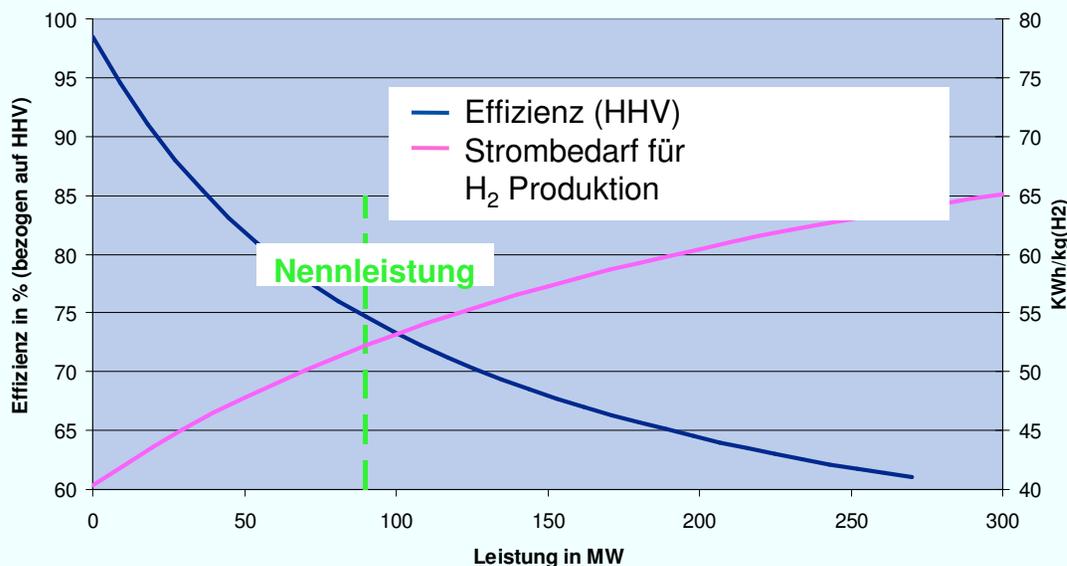
- Ionenleiter (H⁺)
- Elektrischer Isolator
- Gasdichter Separator

→ Die PEM Technologie benutzt eine robuste Polymermembran als Elektrolyt

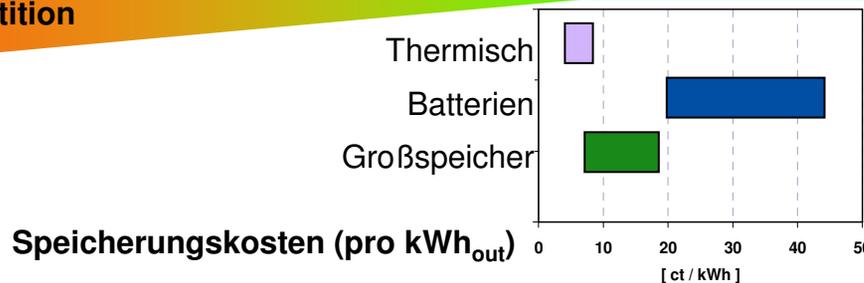
Die Rolle der Effizienz

Oft werden irreführende Informationen gegeben

Extrapolierte Leistung eines 90 MW Systems



Investition



Kernaussagen

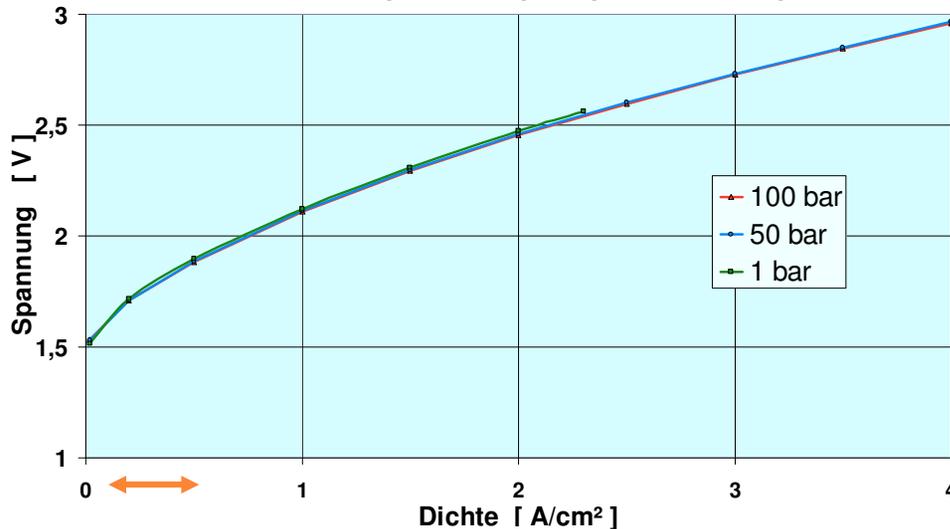
- Effizienz bezieht sich auf konkreten Betriebspunkt oder –Zyklus
- Effizienzdaten ohne oben aufgeführte Zuordnung sagen nichts aus
- Lebenszykluskosten sind ein Schlüsselindikator um die wirtschaftlichste Speichertechnologie zu identifizieren
- “Effizienz” ist durch die Gleichung beschrieben

$$\eta = E_{in} / E_{out}$$

PEM Elektrolyseur erlaubt systembedingt einen hohen Ausgangsdruck

Leistungsmerkmale

eines PEM Elektrolyseur stack's
(Labordurchführung - Ausgangsdruckregler)



Typische Stromdichte
eines alkalischen Elektrolyseurs

Kernaussagen

Ein hoher Ausgangsdruck ist vorteilhaft weil:

- Additive Kompressorstufen verursachen zusätzlichen Invest und gehen zu Lasten der Gesamteffizienz
- H₂-Verdichtungsstufen sind kostenintensiv und wartungsbehaftet

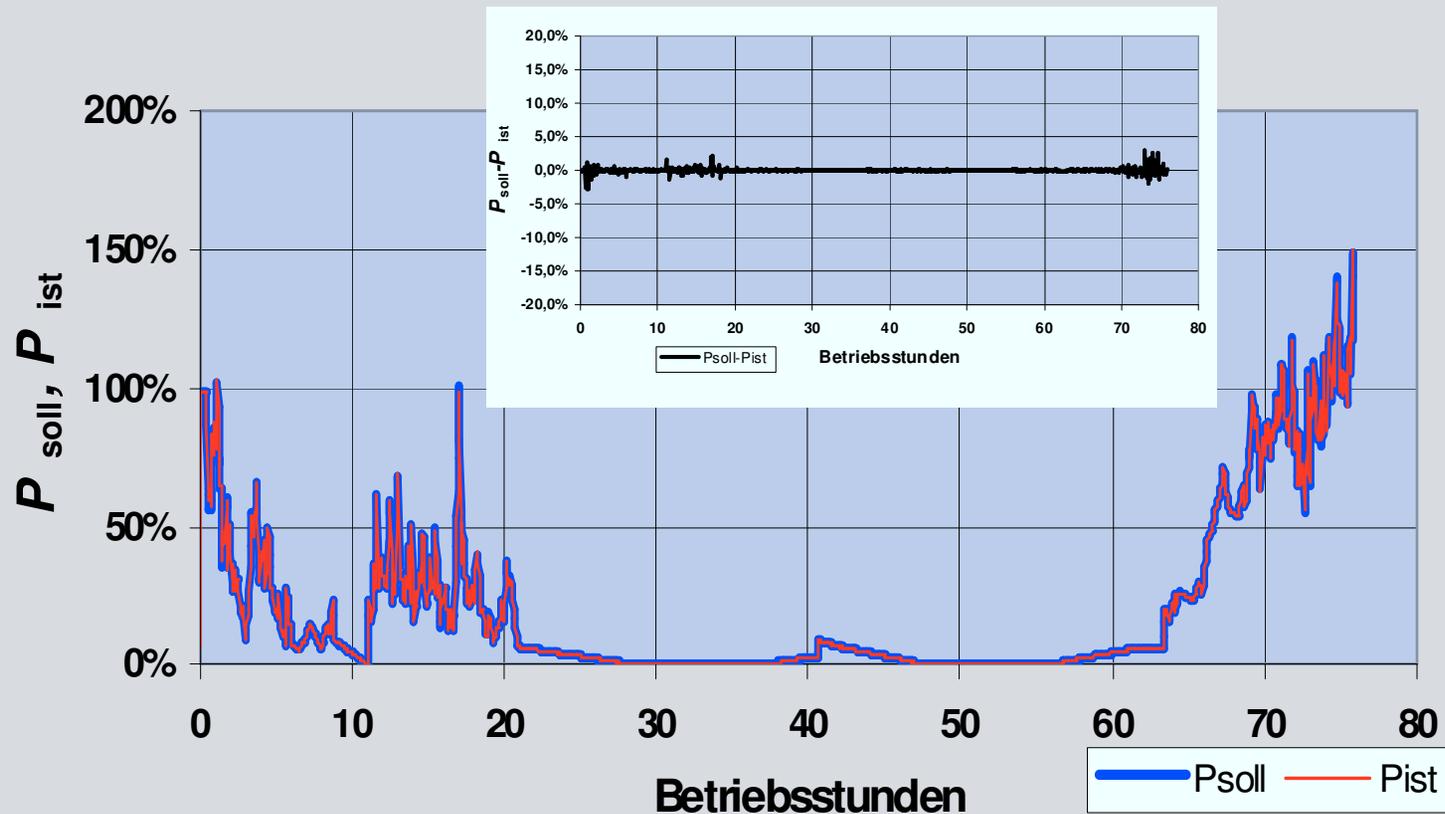
→ PEM Elektrolyseure können mit Hochdruck betrieben werden. Es wird keine zusätzliche Energie zur Druckerhöhung benötigt.

PEM Elektrolyseur @ Siemens



Elektrisches Nachführen eines realen Windprofils

Versuchsergebnisse eines Siemens PEM Elektrolyseblocks, der einem realen Windprofil folgt

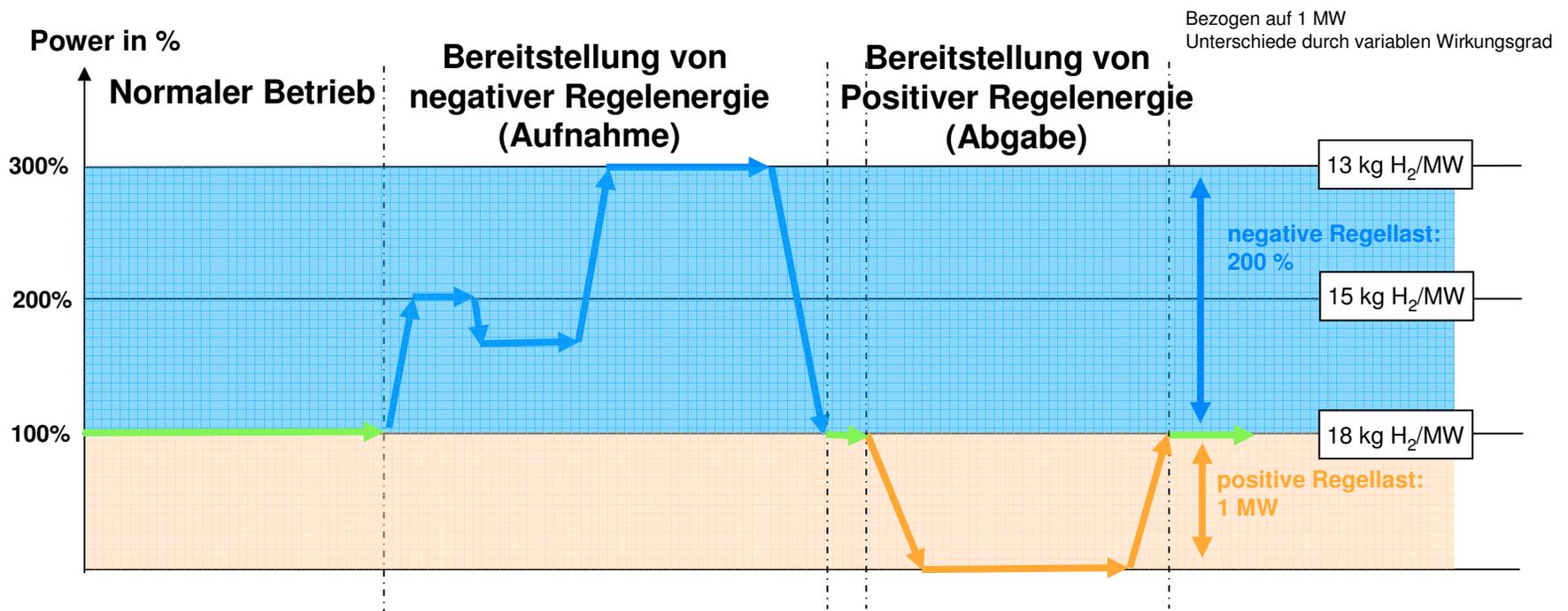


→ PEM Elektrolyseure sind extrem dynamisch und tolerant in Bezug auf Überlast auch im Hochdruckbetrieb.

Die hohe Dynamik der Siemens PEM-Elektrolyseure erlaubt die Teilnahme an Regelenergiemärkten

SIEMENS

- Startzeit (aus Blackstart) ~ 10 min
- Aus Standby zur Nennleistung < 10 sec
- Voller Dynamikbereich zwischen 0 und 300% elektrischer Leistung nutzbar (positive und/oder negative Regelenergie)



Der Siemens PEM Elektrolyseur kann aufgrund seiner Dynamik sowohl sekundäre als auch primäre Regelenergie bereitstellen

PEM electrolyzer @ Siemens

Skalierbare Speichertechnologie mit hohen Kapazitäten

Hydrogen: Ermöglicht Umwandlung zwischen elektrischer und chemischer Energie

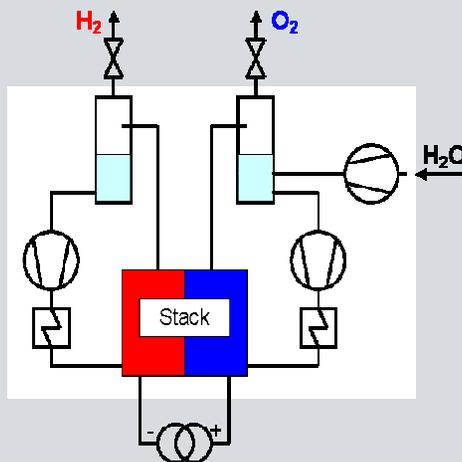
Excess Energy
Renewable Energy



Chemical Energy

PEM Electrolyzer Technology

- Robuste Polymer Membran als Electrolyt
- Extreme dynamische Eigenschaften
- Hoher Regelbereich 0-300% (Hochdruck)
- Überlastbetrieb (2-fach Dauerlast)
- Hochdruckbetrieb ohne Effizienzverluste
- Dynamik erlaubt Betrieb im Regelenergiemarkt (Sekundär und Primär)
- Reiner Wasserbetrieb – keine Lauge
- Kaltstartfähigkeit – on/off Betrieb
- Keine Spülung und Vorheizbetrieb



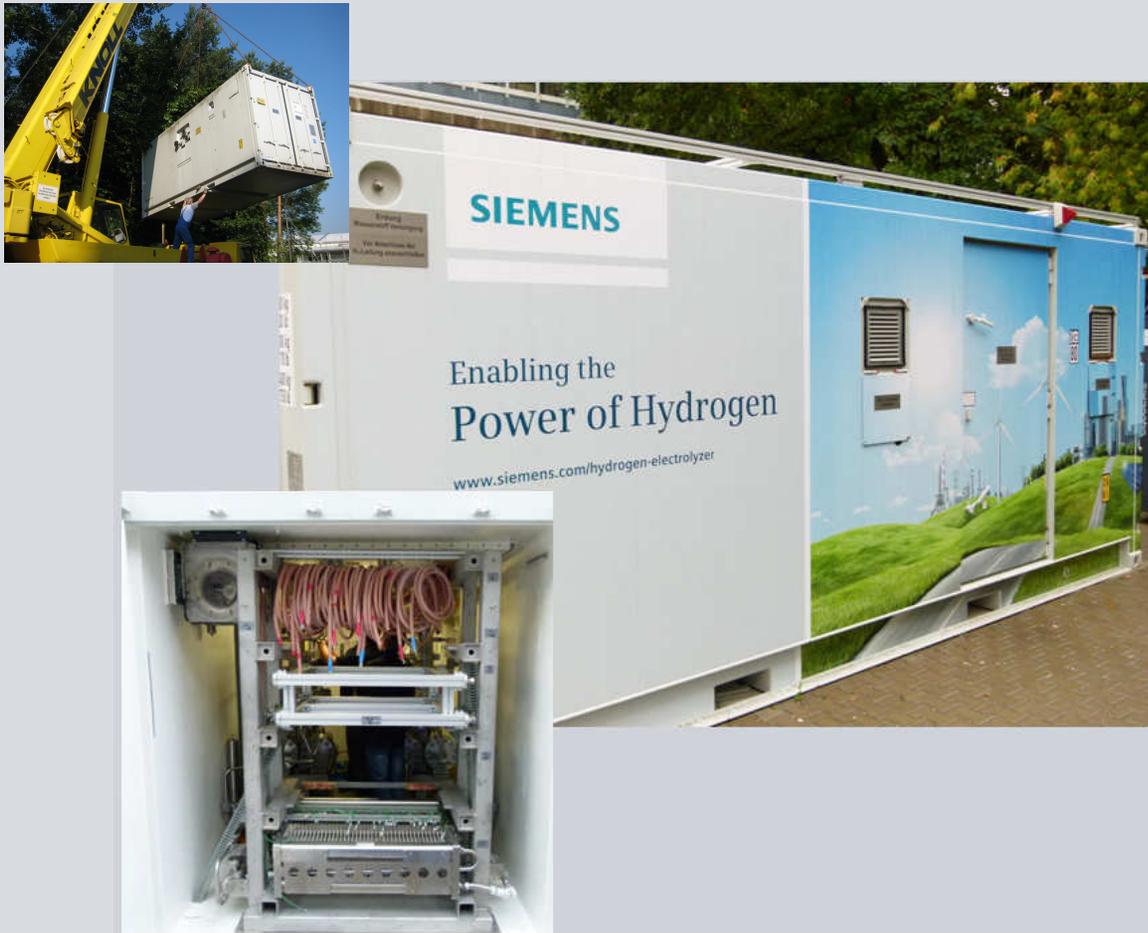
Siemens Expertise

- PEM Electrolyseur-Entwicklung 1998 gestartet.
- Referenzliste in Electrolyseur Technologie:
 - Fortlaufender Laborbetrieb > 40.000 Std.
 - 10y Felderfahrung (prototype)
 - 100 bar Prototyp
 - 40 Jahre Elektroden Know-How
- Komplettlösungen aus einer Hand:
 - Hochstromgleichrichter (up to 70.000 A)
 - Transformatoren
 - Automatisierungskomponenten
 - Netzkomponenten
 - Gas Turbinen

PEM Elektrolyse @ Siemens

100 kW Demonstrator

SIEMENS



Kernaussagen

- Nennleistung des Systems ist 100 kW, Spitzeneistung 300 kW (Leistungsaufnahme).
- H_2 und O_2 werden bei einem Ausgangsdruck von 50 bar erzeugt
- Der Container ist ein autarkes system. Sowohl Stromversorgung als auch Wasseraufbereitung sind im System enthalten.
- Ein 100 kW-Demonstrator wird bis Ende 2012 an RWE für das BMBF-geförderte Project CO2RRECT* geliefert.

*CO₂-Reaktion die erneuerbare Energien und katalytische Prozesse nutzt

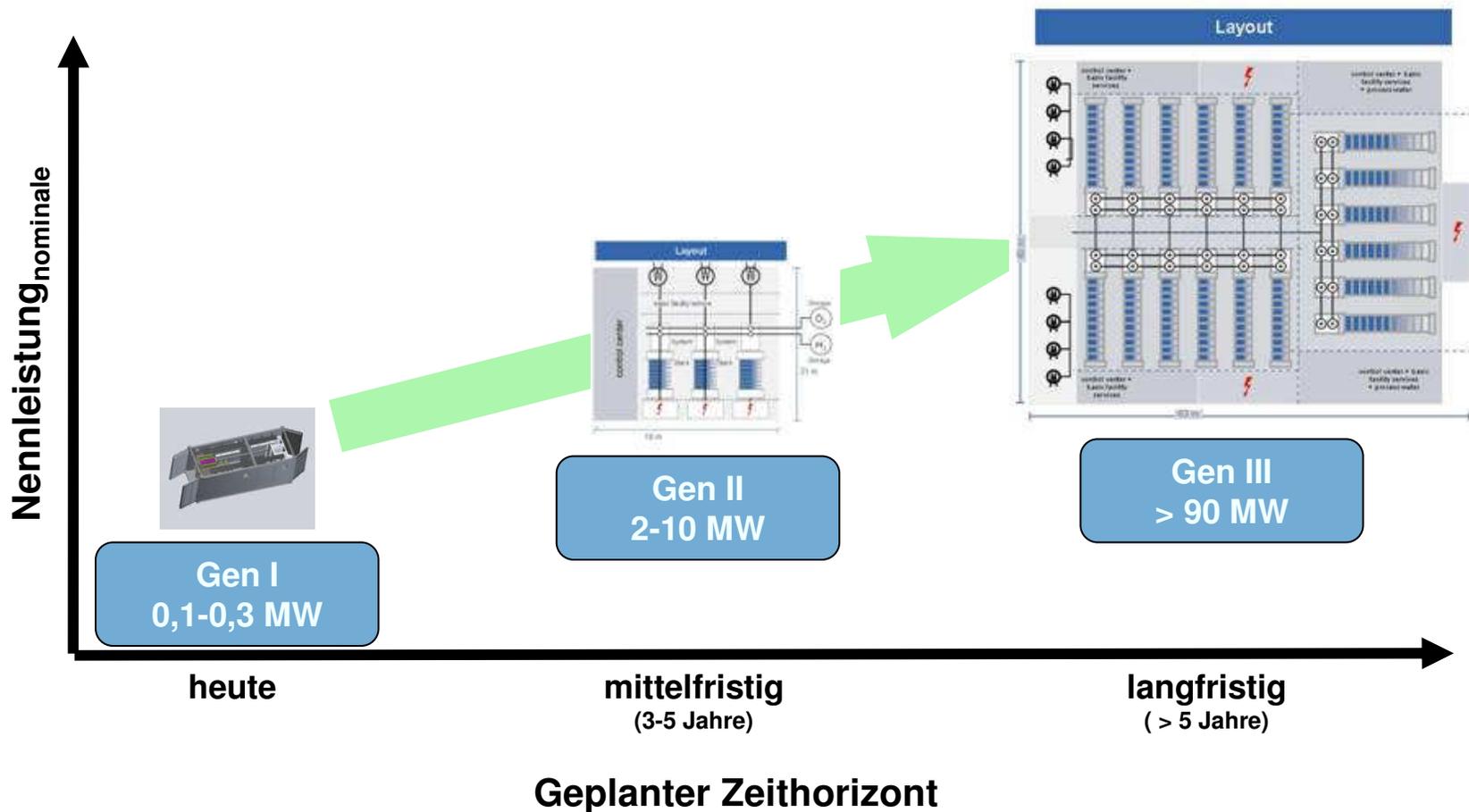


Erste Einheiten von hochdynamischen Siemens-Elektrolyseuren werden Ende 2012 verfügbar sein.

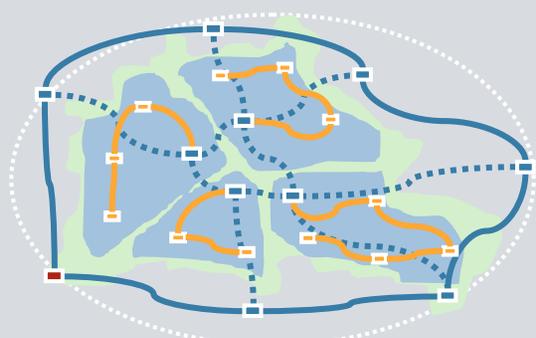
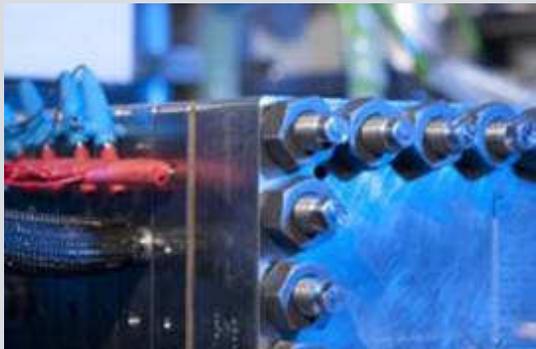
Ein komplettes Portfolio an PEM-Elektrolyseuren ermöglicht zukünftig die Abdeckung aller Leistungsbereiche



Roadmap: PEM Elektrolyse Portfolio



Zusammenfassung: Wasserstoff wird eine wichtige Rolle in zukünftigen Energieszenarios spielen



- **CO₂-Reduzierungsziele sind klar mit dem Ausbau der Erneuerbaren verbunden. Diese werden Speicherlösungen im TWh- Bereich erfordern.**
- **Wasserstoff ist das einzige Energiespeicherkonzept, um Strommengen > 10 GWh zu speichern.**
- **Siemens adressiert Großspeicherlösungen für Strom durch die Entwicklung PEM Elektrolyseuren im hohen Leistungsbereich.**
- **PEM Elektrolyseure sind sehr robust und extrem dynamisch und überlastfähig. Sie können als Last zur Regelernergie eingesetzt werden.**
- **Wir sehen eine zunehmende Vernetzung zwischen Industrie- und Energiemärkten - Querschnittstechnologie**
- **Der Energiemarkt muss zeitnah Geschäftsmodelle entwickeln, die die Wirtschaftlichkeit von Speicherlösungen ermöglichen.**
- **Regulatorische Rahmenbedingungen müssen für entsprechende Investitionen geschaffen werden.**

Kontakt:

Torsten Seemann

Siemens AG
Region Nord
Business Development

+49-40-2889 2912

<mailto:torsten.seemann@siemens.com>